


БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА «СТАНДАРТИЗАЦИЯ, МЕТРОЛОГИЯ
И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой

П.С. Серенков
(подпись)
« 25 » / 06 2022

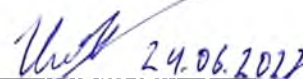
РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

«МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ РАЗМЕРОВ
НАНОЧАСТИЦ В АЭРОЗОЛЯХ»

Специальность 1-54 01 01 Метрология, стандартизация и сертификация (по направлениям)

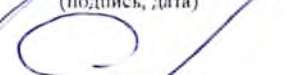
Направление специальности: 1-54 01 01-01 Метрология, стандартизация и сертификация (машиностроение и приборостроение)

Студент группы 11305118


24.06.2022
(подпись, дата)

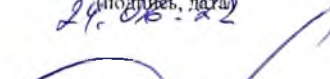
И.В. Ильинчик

Руководитель
д.т.н., профессор


24.06.22
(подпись, дата)

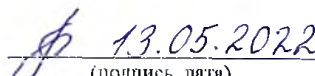
В.Л. Соломахо

Консультанты:
по основной части
д.т.н., профессор


24.06.22
(подпись, дата)

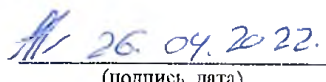
В.Л. Соломахо

по экономической части
старший преподаватель


13.05.2022
(подпись, дата)

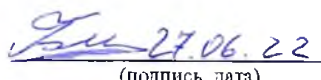
Е.С. Третьякова

по охране труда
старший преподаватель


26.04.2022.
(подпись, дата)

Г.Л. Автушко

Ответственный за нормоконтроль
Ассистент


27.06.22
(подпись, дата)

М.А. Гомма

Объем проекта:

расчетно-пояснительная записка – 88 страниц;

графическая часть – 8 листов;

магнитные (цифровые) носители – _____ единиц.

Минск 2022

РЕФЕРАТ

Дипломный проект содержит 88 страниц машинописного текста с 23 иллюстрациями, 15 таблицами, библиографией из 41 источников, 8 листов графической части формата А1.

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ РАЗМЕРОВ НАНОЧАСТИЦ В АЭРОЗОЛЯХ

Объектами исследования в дипломном проекте являются методы измерения наночастиц и частицы полидисперсного латекса.

Цель дипломного проекта – анализ существующих методов измерений наночастиц и измерение размера наночастиц полидисперсного латекса

В процессе работы над дипломным проектом осуществлялись:

- анализ основных методов измерений размера наночастиц;
- анализ средств измерений размера наночастиц;
- создание классификации методов измерений размеров наночастиц;
- анализ информационных источников;
- экспертиза технической документации;
- проведение эксперимента по определению размера наночастиц полидисперсного латекса.

ABSTRACT

Contains a thesis project 88 typescript with 23 illustrations, 15 tables, bibliography of 41 sources, 8 sheets graphic part A1.

KEYWORDS: METROLOGICAL SOFTWARE FOR NANOPARTICLE SIZE MEASUREMENTS IN AEROSOLS.

The objects of research in the thesis project are methods for measuring nanoparticles and particles of polydisperse latex.

The purpose of the thesis project is to analyze existing methods for measuring nanoparticles and measuring the size of nanoparticles of polydisperse latex

In the process of working on the graduation project, the following were carried out:

- analysis of the main methods for measuring the size of nanoparticles;
- analysis of means for measuring the size of nanoparticles;
- creation of a classification of methods for measuring the size of nanoparticles;
- analysis of information sources;
- examination of technical documentation;
- conducting an experiment to determine the size of nanoparticles of polydisperse latex.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 НАНОТЕХНОЛОГИИ. Часть 2. Нанообъекты. Термины и определения = НАНАТЭХНАЛОГИИ. Частка 2. Нанааб'екты. Тэрміны і азначэнні: ГОСТ ISO/TS 80004-2-2017. – Взамен ГОСТ ISO/TS 27687-2014; введ. 01.09.2019 – Минск: Госстандарт, 2019. – 3 с.
- 2 Е.В. Гуренцов. Измерение размеров наночастиц в газовой фазе методом лазерно–индуцированной инкаандесценции. Лазерно–индуцированная инкаандесценция. Лабораторная работа по курсу. Москва 2012. М., ОИВТ РАН, 2012. 18 с.
- 3 А.Марахова, В.Жилкина, Е.Блынская, К.Алексеев, Я.Станишевский. Определение размеров наночастиц в коллоидных растворах методом динамического рассеяния света/ DOI:10.22184/1993-8578.2016.63.1.88.93/2016.
- 4 Pecora R.(ed). Dynamic Light Scattering – Applications of Photon Correlation Spectroscopy. N.Y.: Plenum press, 1981.
- 5 А.Д. Егоров, В.М. Абрамов, И.А. Потапова, Н.А. Саноцкая. Поляризационная опорная аэрозольная спектрометрия. 2017г. Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт–Петербург.
- 6 П.Хокс. Электронная оптика и электронная микроскопия. Москва 1974.
- 7 THE SCANNING ELECTRON MICROSCOPE. A Small World of Huge Possibilities.
- 8 Быков Ю.А., Карпучин С.Д. Растровая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ. Учебное пособие. МГТУ им. Н.Э.Баумана. Хабы.,
- 9 Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ. Гоулдстейн Дж., Джой Д., Лифшин Э., Ньюбери Д., Фиори Ч., Эчлин П. МИР, Москва, 1984 г
- 10 И.В. Яминский. Зондовая микроскопия. Режим доступа: http://www.nanoscopy.org/E_Book.html, свободный.
- 11 Г.Е. Скворцов, В.А. Панов, Н.И. Поляков, Л.А. Федин. Микроскопы. – Л.: Машиностроение, 1969. –511 с
- 12 Федоров А.В., Баранов А.В., Литвин А.П., Черевков С.А. Специальные методы измерения физических величин. Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2014. – 127 с. Рис.78. Библ. 127.

13 Салецкий А.М, Чадовая Е.А. Точность и достоверность измерений размеров наночастиц методом корреляционной спектроскопии рассеянного света. 2013 «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА».

14 Спектроскопия оптического смещения и корреляция фотонов, под ред. Г.Камминса и Э. Р. Пайка. Наука, М., 1978.

15 ВJ Берне и Р. Ресога. Динамическое рассеяние света с приложениями к химии, биологии и физике. Уилли–Мир, штат Нью–Йорк, 1976.

16 Спектроскопия оптического смещения и корреляция фотонов, под ред. Г.Камминса и Э. Р. Пайка. Наука, М., 1978.

17 Малоугловое рассеяние // Физическая энциклопедия. Т. 3 / Гл. ред. А. М. Прохоров. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1992. С. 41–44.

18 Суздалев И.П. Нанотехнология. Физико–химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. – М.: КомКнига, 2006. – 592 с.

19 Определение распределения частиц по размеру методом лазерной дифракции света. ОФС.1.2.1.0008.15.

20 Домкин К.И., Физические основы гранулометрического анализа частиц методом лазерной дифракции. ФГУП «НИИЭМП», г. Пенза.

21 Шелудко А., Коллоидная химия, пер. с болг., М., 1960; Рафиков С. Р., Павлова С. А., Твердохлебова И. И., Методы определения молекулярных весов и полидисперсности высокомолекулярных соединений, М., 1963. См. также лит. при ст. Дисперсионный анализ.

22 Xue J., Herbolzheimer E, Rutgers M.A, Diffusion, dispersion and settling of hard spheres // Physical Review Letters. – 1992. – 69. – P. 1715–1718

23 Sharifalhoseini Z., Entezari M.H., Direct and indirect sonication affect differently the microstructure and the morphology of ZnO nanoparticles: Optical behavior and its antibacterial activity // Ultrasonics Sonochemistry. – 2015. – 27. – P. 466–473

24 Yu H., Hermann S., Schulz S.E., Optimizing sonication parameters for dispersion of single–walled carbon nanotubes // Chemical Physics. – 2012. – 48 – 26. – P. 11– 16

25 Sharifalhoseini Z., Entezari M. H., Direct and indirect sonication affect differently the microstructure and the morphology of ZnO nanoparticles: Optical behavior and its antibacterial activity // *Ultrasonics Sonochemistry*. – 2015. – 27. – P. 466–473

26 Комаров, В. С. Метод определения поверхности микропор / В. С. Комаров // *Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. хим. наук*. – 2016. – № 1. – С. 18–22.

27 Дубинин, М. М. Адсорбция и пористость / М. М. Дубин. – М., 1972. – 172 с

28 Hao, N., Tang, F. and Li, L. (2015) «MCM-41 mesoporous silica sheet with ordered perpendicular nanochannels for protein delivery and the assembly of Ag nanoparticles in catalytic applications», *Microporous and Mesoporous Materials*, vol. 218, pp. 223–227.

29 Васильев Е.К., Нахмансон М.М. Качественный рентгенофазовый анализ. Новосибирск: Наука, 1986.

30 Герасимов В.Н., Доливо–Добровольская Е.М., Каменцев И.Е. Руководство по рентгеновскому исследованию минералов. – Л.: Недра, 1975. – 399 с.

31 155. Alexander L., Klug H.P. Basic aspects of X-ray absorption// *Anal. Chem.* – 1948. – № 10. – P. 20.

32 Copeland L.E., Bragg R.H. Quantitative X-ray diffraction analysis// *Anal. Chem.* – 1958. – V. 30, № 2. – P. 196–201.

33 Peter E., Kalman A. Quantitative X-ray analysis of crystalline multicomponent systems// *Acta Chem. Acad. Sci. Hung.* – 1964. – V. 41, № 4. – P. 244–248.

34 Азаров Л., Бургер М. Метод порошка в рентгенографии. – М.: ИЛ, 1961. – 364 с.

35 Бардоши Д. Метод количественного минералогического анализа бокситов и латеритов с помощью рентгеновского дифрактометра// *Литология и полезн. ископ.* – 1968. – № 6. – С. 125–139.

36 Будько И.А. Методика рентгеновского количественного анализа халькопирита в медно–никелевых рудах// *Обогащение руд*. – 1966. – № 3. – С. 39–42.

37 Герасимов В.Н., Лебедева Г.В., Франк–Каменецкий В.А. О возможности использования дифракции, рентгеновских лучей для количественного анализа

глинистых поликомпонентных систем// Вопр. минералогии осадоч. образований. – Львов. – 1966. – Кн. 7. – С. 32 – 47.

38 Герасимов В.Н. К количественному анализу поликомпонентных систем// Уч. зап. науч.-исслед. ин-та геологии Арктики. – 1967. – Вып. 10. – С. 223–226.

39 Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – 10-е изд. – М.: Альянс, 2005.

40 Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. – 3-е изд. – М.: Альянс, 2004.

41 Rawle A. Основные принципы анализа размеров частиц [электронный ресурс] / Техническая аннотация MRK0034R-01, Malvern, URL: http://www.rusnanonet.ru/download/equipment/mrk0034r_01.pdf (дата обращения 03.01.2020)

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕХНИЧЕСКИХ НОРМАТИВНЫХ ПРАВОВЫХ АКТОВ И ДОКУМЕНТОВ В ОБЛАСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИИ

СанПиН и ГН №33 от 30.04.2013г «Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях» и «Показатели микроклимата производственных и офисных помещений».

СН 4.02.03–2019 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»

СанПиН и ГН №115 от 16.11.2011г. «Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

СанПиН и ГН №13 от 26.12.2013 г. «Требования к производственной вибрации, вибрации в жилых помещениях, помещениях административных и общественных зданий» и «Предельно допустимые и допустимые уровни нормируемых параметров при работах с источниками производственной вибрации, вибрации в жилых помещениях, помещениях административных и общественных зданий».

СН 2.04.03–2020 Естественное и искусственное освещение.

СанПиН и ГН №69 от 21.06.2010 «Гигиенические требования к электромагнитным полям в производственных условиях».

СанПиН и ГН № 59 от 28.06.2013 «Требования при работе с видеодисплейными терминалами и электронно–вычислительными машинами» и «Предельно–допустимые уровни нормируемых параметров при работе с видеодисплейными терминалами и электронно–вычислительными машинами».

ТКП 339–2011 «Электроустановки на напряжение до 750 кВ. Линии электропередачи воздушные и токопроводы, устройства распределительные и трансформаторные подстанции, установки электросиловые и аккумуляторные, электроустановки жилых и общественных зданий. Правила устройства и защитные меры электробезопасности. Учет электроэнергии. Нормы приемо–сдаточных испытаний».

СН 2.02.05–2020 Пожарная безопасность зданий и сооружений.